

Übungen und Ergänzungen zur Einführung in die Physik II
für Studierende
der Biologie, Pharmazie und Geowissenschaften

Serie 3 / 27.2.2018

Lösungen

Aufgabe 7.

Siehe auch Skript 306-3 ff.

a) Leitungswiderstand:

$$R = \varrho_{Cu} \frac{l}{A} = \varrho_{Cu} \frac{l}{\pi r^2} = 0.54 \Omega$$

b) Spannungsabfall:

$$\Delta U = RI = 54 \text{ V}$$

Damit ist die Endspannung: $U_{Ende} = 166 \text{ V}$.

c) Stromdichte:

$$i = \frac{I}{A} = env_D$$

wobei I - Strom, A - Querschnittsfläche des Leiters, e - Elementarladung, n - Dichte der Leitungselektronen, v_D - Driftgeschwindigkeit der Elektronen. Mit N_A als Avogadrozahl erhalten wir:

$$A = \pi r^2 = 3.1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$n = \frac{N_A \cdot \rho_M}{M_A} = 8.5 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$$

$$v_D = \frac{I}{enA} = \frac{IM_A}{eN_A \rho_M \pi r^2} = 2.3 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$t_{Drift} = \frac{l}{v_D} = \frac{leN_A \rho_M \pi r^2}{IM_A} = 4.3 \cdot 10^8 \text{ s} \approx 14 \text{ Jahre}$$

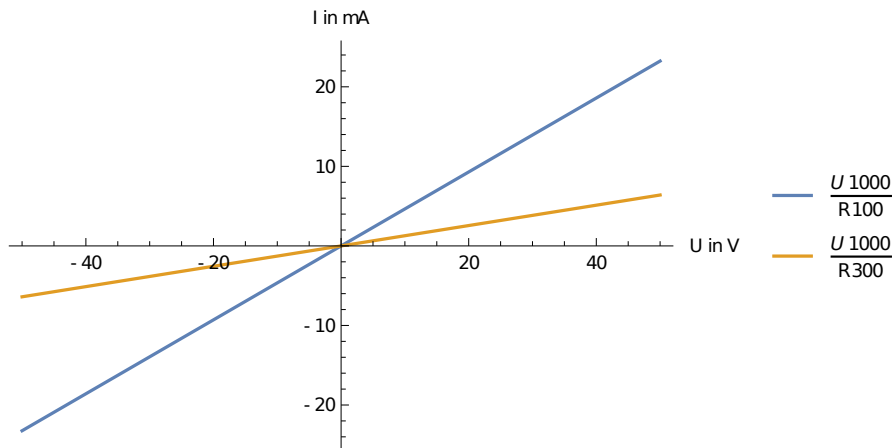
Aufgabe 8.

Bei $T > T_C$: Ohmscher Widerstand mit linearer Kennlinie gemäss $I = \frac{U}{R}$.

Die Leitfähigkeiten $1/R$ sind gegeben durch:

$$\left. \frac{1}{R} \right|_{100K} = \frac{A}{\varrho l} = \frac{\pi r^2}{\varrho l} = 4.65 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1}$$

$$\left. \frac{1}{R} \right|_{300K} = \frac{A}{\varrho l} = \frac{\pi r^2}{\varrho l} = 1.28 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1}$$



Bei $T = 70 \text{ K} < T_C$ fliesst ein Suprastrom im Leiter. Wegen $R \rightarrow 0$ ist die $I(U)$ -Kennlinie nicht definiert.

Aufgabe 9.

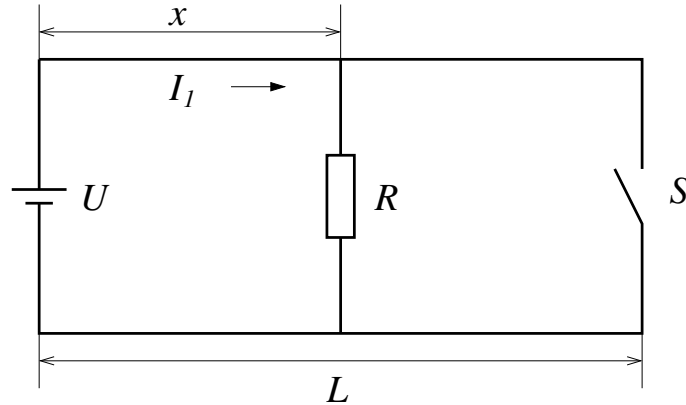
Der Abfall der Stromstärke ist bedingt durch den Anstieg des Widerstandes R der Glühwendel infolge deren Erhitzung. Der Betriebswiderstand R_2 bei Temperatur T_2 berechnet sich aus dem Kaltwiderstand R_1 bei $T_1 = 20^\circ\text{C}$ und dem Temperaturanstieg $\Delta T = T_2 - T_1$ zu $R_2 = R_1(1 + \alpha \Delta T)$. Durch Lösen der Gleichung für ΔT erhält man mit $R_2/R_1 = I_1/I_2 = 15$ (wegen $U = IR$ mit U als Netzspannung):

$$\Delta T = \frac{\frac{R_2}{R_1} - 1}{\alpha} = 3414 \text{ K}$$

Die Temperatur der Glühwendel beträgt also $T_2 = T_1 + \Delta T = 3434^\circ \text{C}$

Zusatzaufgabe.

Die Isolationsbeschädigung ist äquivalent zu einem Einbau eines Widerstandes R (s. Abbildung).



Der Draht der Länge x hat einen Widerstand $R_x = x\rho$. Wenn die Drähte am anderen Ende nicht im Kontakt sind (S ist offen), dann gilt gemäss des Ohmischen Gesetzes:

$$U = (2R_x + R)I_1 \quad (1)$$

$$U = (2x\rho + R)I_1 \quad (2)$$

mit ρ - Widerstand pro Längeneinheit, x - Abstand zum Beschädigungsort, und I_1 - Strom in dem Quellennetz. Wenn die Drähte am Ende kurzgeschlossen werden (S geschlossen), wird zu dem Widerstand R ein weiterer Teil des Stromnetzes parallel angeschlossen, das ebenfalls einen eigenen Widerstand $R_s = 2\rho(L - x)$ besitzt und damit gilt:

$$U = \left[R_x + \frac{R_s R}{R + R_s} + R_x \right] I_2 \quad (3)$$

$$U = \left[2x\rho + \frac{R2(L - x)\rho}{R + 2(L - x)\rho} \right] I_2 \quad (4)$$

mit I_2 - Strom in dem Quellennetz mit kurzgeschlossenen Enden. Aus (1) folgt:

$$x = \frac{U}{2\rho I_1} - \frac{R}{2\rho}$$

das wir in Gleichung (3) einsetzen und bekommen somit eine quadratische Gleichung für R :

$$I_2 R^2 - 2U \left(\frac{I_2}{I_1} - 1 \right) R + \left(\frac{I_2}{I_1} - 1 \right) \left(\frac{U^2}{I_1} - 2L\rho U \right) = 0$$

Es folgt:

$$R_{1,2} = \frac{1}{2I_2} \left\{ 2U \left(\frac{I_2}{I_1} - 1 \right) \pm \left[4U^2 \left(\frac{I_2}{I_1} - 1 \right)^2 - 4I_2 \left(\frac{I_2}{I_1} - 1 \right) \left(\frac{U^2}{I_1} - 2L\rho U \right) \right]^{1/2} \right\}$$

Mit allen Angaben:

$$R_{1,2} = \frac{24 \pm \sqrt{146}}{3.6} \Omega \quad \Rightarrow \quad R_1 \approx 10 \Omega \quad \text{und} \quad R_2 \approx 3.3 \Omega$$

folglich für x : $x_1 = 2$ km und $x_2 = 4.7$ km. Offensichtlich kann x_2 nicht sein. Damit erhalten wir letztendlich $R = 10 \Omega$ und $x = 2$ km.